

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

+

536/82

1/2-82

13-81-662

А.П.Крячко

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
НА ЛИНИИ С ЭВМ ЕС-1040

1981

Общее представление о комплексе аппаратных средств для организации экспериментов на линии с ЭВМ ЕС-1040 можно получить из работы/1/.

1. АППАРАТУРА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ /АПД/ /2.3/

В данной работе рассматривается аппаратура для цифровой передачи данных. На рис.1 показаны ее состав и размещение. Обмен данными осуществляется побайтно; при расстояниях до нескольких сотен метров - по магистрально-радиальному принципу /4/, при 1 км и более - с промежуточной регенерацией магистральных сигналов. Такое решение приводит к экономии кабеля и приемно-передающих элементов. Каждый абонент /установка/ имеет свой комплект аппаратуры. Система передачи данных 2-кабельная, дуплексная. В силу особенностей работы канала ЕС-1040 обмен данными происходит в полудуплексном режиме /5/. Одновременно в обоих направлениях могут идти только синхросигналы. Это дает возможность работать по 1-кабельной системе.

Основу аппаратуры составляют модификации модулей передатчиков типа ПРД-802 и приемников типа ПРМ-803. Шифр присвоен в соответствии со спецификацией для модулей КАМАК /6/, разработанных в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ. Дополнительные буквенные индексы указывают местонахождение и функции модулей. Модули передатчиков и приемников рассчитаны на работу с 18 рядами: 2 байта с контрольными разрядами. Они выполнены по балансной схеме на основе микросхем SN75110 и SN75107/8 /7/. Имеются аналоги этих микросхем типа K170АП1 и K170УП1 /8,9/.

1.1. Передача данных от ЕС-1040

Сигналы с передатчика ПРД-Э поступают по кабелю на вход приемника ПРМ-Р в промежуточном коммутационном крейте измерительного центра синхрофазотрона. ПРМ-Р выполняет функцию регенератора-размножителя. Магистраль крейта используется нестандартным образом. Выводы микросхем SN75107 приемника соединены через шины печатного разъема с магистралью крейта /условно стороны, группа шин А/. Каждый абонент имеет в коммутационном крейте модуль передатчика ПРД-Р и приемника ПРМ-С. Входы микросхем SN75110 ПРД-Р также подсоединены к магистрали, группа

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

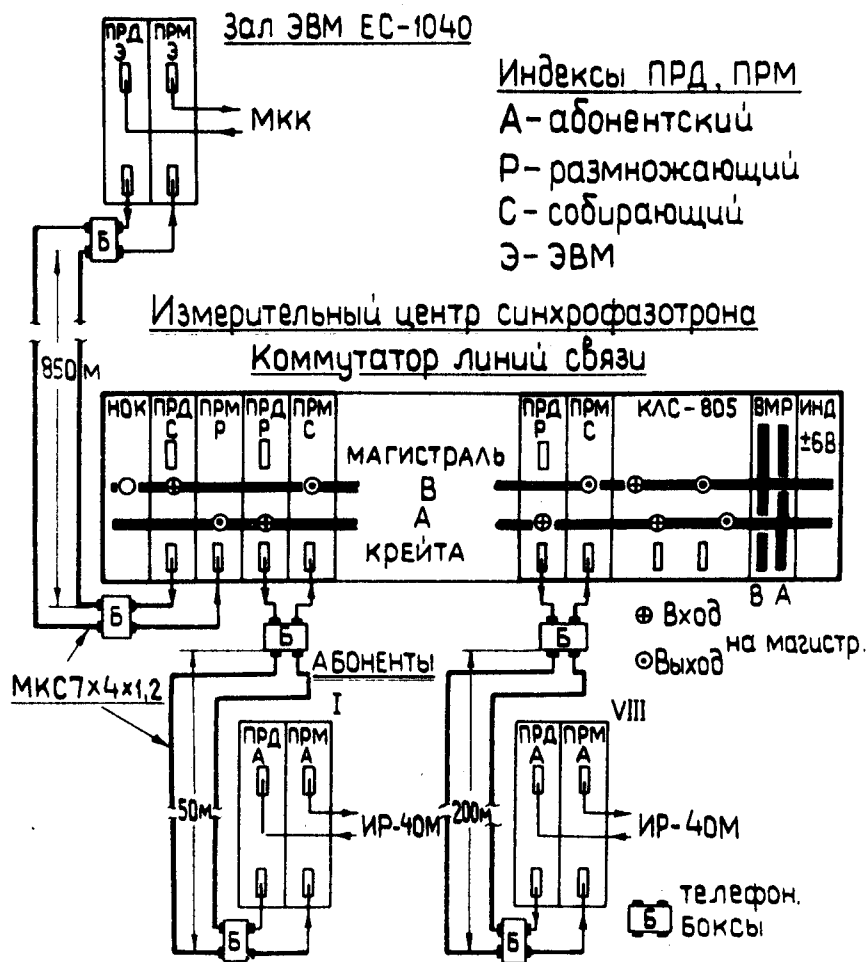


Рис. 1. Система передачи данных.

шин А. На магистрали уровни сигналов ТТЛ. Логической "1" соответствует низкий уровень напряжения. Таким образом, сигналы, получаемые ПРМ-Р, поступают через передатчики ПРД-Р и кабели связи в приемники абонентов ПРМ-А. Длины этих кабелей зависят от удаленности абонентов от измерительного центра: от 30 до 200 м.

1.2. Передача данных от абонентов к ЕС-1040

Сигналы проходят по следующей схеме: передатчик абонента ПРД-А - кабель абонента - приемник абонента в коммутационном

крейте ПРМ-С. В этих приемниках используются микросхемы, имеющие выходы с открытым коллектором. /Аналог из серии К170 неизвестен/. Через шины печатных разъемов модулей /условно сторона В/ и магистраль крейта выходы одноименных разрядов всех приемников объединяются по схеме проводного ИЛИ. Нагрузку открытых коллекторов всех приемников ПРМ-С обеспечивает отдельный модуль НОК-804^{6/}.

Все модули ПРД /ПРМ/ имеют управляемые входы для разрешения передачи /приема/ сигналов в линию /с линии/. В исходном состоянии, когда абонент не выбран и нет разрешения, его передатчик ПРД-А не выдает логических сигналов в кабель связи. На всех выходах приемника ПРМ-С будут высокие уровни напряжения ТТЛ /логические "0"/, не мешающие работе выходов ПРМ-С выбранного абонента. Такой приемник выдает свои сигналы на магистраль крейта, группа шин В. Сюда же через печатный разъем модуля подсоединены входы общего передатчика ПРД-С. Последний посылает их через кабель связи с ЕС-1040 на вход приемника ПРМ-Э. Приемники типа ПРМ-С также выполняют функцию промежуточных регенераторов. Регенерация принимаемых сигналов частичная, только по амплитуде.

В АПД для экспериментов на ускорителе Института физики высоких энергий /Серпухов/ расстояния от установок до ЭВМ ЕС-1040 небольшие - до 100 м^{10,11/}. Передача-прием данных организованы по магистрално-радиальному принципу. Коммутационный крейт установлен в одной стойке с крейтом для микропрограммного контроллера канала /МКК/ ЕС-1040^{12,13/}. Модуль НОК-804 заменен на РС-807^{6/} выполняющий функции размножения-собираения сигналов с помощью магистрали крейта. В отличие от НОК, модуль РС имеет 2 разъема на передней панели, и рабочие концы нагрузочных резисторов подсоединяются как к шинам магистрали, так и к контактам разъема "Выход". Так производится сбор сигналов от ПРМ-С по стороне печатного разъема и группы шин В магистрали. Контакты разъема "Вход" соединены с группой шин А магистрали. Через этот разъем и магистраль осуществляется пассивное /без буферизации/ размножение сигналов для входов ПРД-Р. С помощью кабеля модуль РС-807 соединяется с модулем внешнего сопряжения МКК. 19-е контакты разъемов модуля РС соединены между собой и через печатный разъем с шиной магистрали R1. Таким образом подается сигнал "Разрешение". С этой же шиной соединены входы "Разрешение" модулей ПРД-Р и ПРМ-С.

Такое исполнение АПД позволяет с помощью программ организовать работу абонентов в режиме разделения времени или приоритетного обслуживания^{1/}. Отдельные физические установки можно рассматривать как нестандартные устройства ЕС-1040.

1.3. Управление работой передатчиков и приемников

В модулях передачи и приема используются два типа сигналов: ТТЛ для логических сигналов внутри модулей и токовые на выходах передатчиков, в линии и входах приемников. На передних панелях модулей эти сигналы пространственно разделены. Верхние разъемы предназначены для сигналов ТТЛ, а нижние - для линейных, токовых. Для управления работой передатчиков и приемников используются /альтернативно/ управляющие сигналы "Разрешение" или "Запрет". Они действуют только внутри модулей и не передаются в линию. Наличие этих сигналов соответствует низкий уровень ТТЛ. Выбор вида сигнала зависит от способа подсоединения соответствующего входа в 19-му контакту верхнего разъема модулей. В описываемой АПД используется сигнал "Разрешение".

1.4. Установление сигналов "Разрешение"

Эти сигналы устанавливаются в зависимости от типа модулей и их местонахождения.

Страна ЭВМ. Сигналы "Разрешение" поступают на ПРД-Э и ПРМ-Э из микропрограммного контроллера канала ЕС-1040 в соответствии с программой.

Коммутационный крейт. Входы "Разрешение" заземлены. Это соответствует постоянному наличию данного сигнала.

Абонент. Здесь приемно-передающие модули соединены со специализированным модулем ИР-40М¹⁴ для обеспечения связи последнего с МКК ЕС-1040. С другой стороны, ИР-40М сопряжен с универсальным драйвером ветви /УДВ/¹⁵. При включении питания от ИР-40М всегда подается на ПРМ-А сигнал "Разрешение", то есть он всегда открыт для приема управляющих и информационных сигналов с линии. Передатчик абонента ПРД-А получает разрешение на работу от ИР-40М только при программном выборе данного абонента. В противном случае он не посылает логических сигналов в кабель связи. Наличие сигнала "Разрешение" индицируется лампочками накаливания на передних панелях модулей ПРД и ПРМ.

1.5. Действие сигналов "Разрешение"

Оно определяется типом модуля.

Модули передатчиков. При наличии сигнала "Разрешение" на общих выводах "Запрет" микросхем SN75109/10 устанавливается высокий уровень напряжения ТТЛ. При этом модули ПРД выдают ток

в линии в соответствии с логическими уровнями на информационных входах. При отсутствии сигнала "Разрешение" ток в линии от передатчиков не выдается. Оба провода линии имеют одинаковые положительные потенциалы за счет резистивного делителя. Индивидуальные входы "Запрет" схем передатчиков имеют постоянно высокий уровень ТТЛ.

Приемники. При наличии сигнала "Разрешение" устанавливается высокий уровень ТТЛ на общих входах "Строб" микросхем SN75107/8. При этом логическое состояние их выходов соответствует логическим состояниям на информационных входах. Индивидуальные входы "Строб" имеют постоянно высокий уровень ТТЛ. При отсутствии сигнала "Разрешение" выходы микросхем SN75107/8 постоянно сохраняют высокий уровень ТТЛ, независимо от логических состояний на их входе. На линейных входах приемников имеется дифференциальное напряжение смещения около +25 мВ, которому на выходах соответствуют высокие уровни ТТЛ - логические "0". Это имеет место, когда питание передатчика выключено или он не получил сигнал "Разрешение", а также если от входа ПРМ отключен линейный кабель.

1.6. Функциональная схема коммутационного крейта

На рис.2а приведена схема подключения входов ПРМ и выходов ПРД к магистрали крейта, нагрузка R_H для модулей ПРМ-С, а также модуля контроля линии связи КЛС-805. Последний предназначен для индикации состояния магистрали и выдачи на нее проверочных сигналов. Он также обеспечивает выдачу сигналов для передачи и их индикацию после приема с разъемов на передних панелях ПРД и ПРМ.

Условно страна разъема КАМАК с шинами питания +12; +200 В и т.д. и соответствующая группа шин магистрали обозначены буквой А. Другая страна разъема с шинами питания +6; +24 В и т.д. и группа шин магистрали крейта обозначены буквой В.

Разводка печатных проводников схем ПРД, ПРМ и КЛС¹⁶ позволяет производить с помощью перемычек подключение входов и выходов одноименных разрядов к любой из противостоящих шин печатного разъема. На рис.2б приводится таблица разводки разрядов и их использование в данной системе. В принципе все разряды ПРД и ПРМ могут быть выполнены идентично. В конкретном случае отличие имеют только 14-е разряды ПРД-Э, ПРМ-Э и ПРД-С, ПРМ-Р для передачи и приема стробирующих импульсов.

Управляющая информация канала ЕС-1040 занимает 1 байт. Кабель МКС 7x4x1,2 имеет 14 отдельных пар и позволяет передавать только 14 разрядов. Они распределены так: 8 информационных, 1 контрольный и 5 управляющих. Недостающие управляющие призна-

флексной изоляцией типа МКСБ 7x4,1,2+6x0,9^{16/}. Строительная длина кабеля 825 м, но может быть и меньше. Кабель имеет защитную свинцовую оболочку и броневой покров. Срок службы кабеля, включая и срок хранения, не менее 30 лет. Фактически он определяется техническим состоянием кабеля^{17/}.

2.1. Основные электрические характеристики кабеля

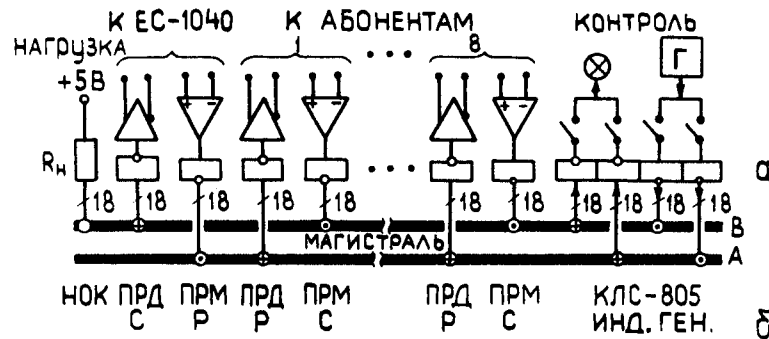
Сопротивление жилы кабеля постоянному току 16 Ом/км. Рабочая емкость 24 нФ/км. Волновое дифференциальное сопротивление при балансном способе передачи $Z_6 = 166 \pm 2 \text{ Ом}^{17,18/}$. Волновое сопротивление при небалансном несимметричном способе передачи $Z_{нб} = 110 \text{ Ом}$. Общее сопротивление $Z_0 = 95-100 \text{ Ом}$. Между величинами характеристических сопротивлений имеют место такие отношения: $2Z_0 > Z_6$; $Z_6 \geq 1,5Z_{нб}$; $Z_0 = Z_{нб}^{19/}$. Эти различия определяются тем, что при небалансном методе емкость больше, а индуктивность меньше, чем при балансном^{20,21/}. Коэффициент затухания (МГц/дБ): 1/4,34; 2/5,6 и далее 5,2г^{1/2} до 15 МГц. Время распространения сигнала 4,4 мкс/км. Наименьшее значение переходного затухания на ближнем и дальнем концах в диапазоне 0,25÷4 МГц не менее 50 дБ^{18,22/}.

2.2. Состояние кабелей

Все кабели распаяны на стандартные боксы. В настоящее время для работы используются только 2 из них - любые, остальные - запасные. В некоторых кабелях есть испорченные пары. Конструкция боксов позволяет путем внешней коммутации заменять пары одного на пары другого кабеля. Основные и сигнальные пары кабелей с боксов распаяны на разные типы разъемов. На стороне ЭВМ кабели имеют сращения, так как здесь окончание линии связи дважды переносилось. Длины кабелей точно неизвестны, разница может достигать 10 м и более.

2.3. Кабель ТПП 30x2x0,5^{23/}

В абонентских линиях может использоваться кабель данного типа. Это городской телефонный кабель с полиэтиленовой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке. Прокладывается преимущественно в помещениях. Сопротивление жилы 90±6 Ом/км; рабочая емкость 53 нФ/км; $Z_6 = 110 \pm 5 \text{ Ом}$. Затухание (МГц/дБ): 0,05/6,37; 0,5/12,6 и далее 17г^{1,2/}.



СТОРОНА А	W12	W10	W8	W6	W4	W2	R24	R22	R20	R18	R16	R14	R12	R10	R8	R6	R4	R2
ПРД - Р	ИНФОРМАЦИЯ - ЦЕНТР								УПРАВЛ. - ЦЕНТР									
ПРМ	К	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	ГОТ. СТР.					
РАЗРЯДЫ П/П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ПРД - С	К	8	7	6	5	4	3	2	1	6зб.	ВБр.	Сос.	Упр.	Стр.				
ПРМ	Информация - ПЕРИФ.								УПРАВЛ. - ПЕРИФ.									
СТОРОНА В	W11	W9	W7	W5	W3	W1	R23	R21	R19	R17	R15	R13	R11	R9	R7	R5	R3	R1

Рис.2. Коммутационный крейт: а/ функциональная схема; б/ таблица разводки разрядов и их использования.

ки формируются из комбинации трех управляющих разрядов. В приемно-передающих модулях данной системы запаяны и используются также только 14 разрядов.

Разряды с 1 по 18 в модулях ПРД и ПРМ выводятся на одноименные контакты их разъемов /сверху вниз/, а также на шины печатных разъемов и через них на магистраль /см. рис.2б/. Выводы на разъемы выполнены скрученными парами. У верхних разъемов /сигналы с уровнями ТТЛ/ один ряд контактов занимают сигнальные, а другой - земляные проводники. 19-й контакт - для сигнала "Разрешение". У нижних линейных разъемов один ряд контактов служит для прямых, а другой - для инверсных входов/ выходов. 19-й контакт обычно заземлен.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ

В 1967 году в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ для проведения экспериментов на линии с ЭВМ были проложены в грунте между измерительным центром синхрофазотрона и корпусом с ЭВМ /850 м/ 5 высокочастотных магистральных кабелей связи со стиро-

3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ АПД

Стоимость 1 часа работы на ускорителе и ЭВМ составляет несколько сотен рублей. Потери времени зачастую невозможны и связаны с чрезвычайно большими затратами. АПД является частью комплекса аппаратных средств, обеспечивающих проведение физических экспериментов на линии с ЭВМ. Стоимость АПД незначительна по сравнению с указанными эксплуатационными расходами. Из этого следует, что потери времени из-за выхода из строя АПД должны быть минимальными, поэтому необходимо обеспечить эксплуатационную надежность ее составных частей, быстрое отыскание неисправных и их замену.

3.1. Проектирование

Функции передачи и приема возложены на специальные модули. Тем самым они отделены от сложных в логическом отношении модулей оконечной аппаратуры. Приемно-передающие модули имеют простую конструкцию. Расположение микросхем и других радиодеталей, соответствие номеров разрядов номерам контактов разъемов, а также их упорядоченный вывод на шины печатного разъема сводят к минимуму необходимость пользования технической документацией. То же самое относится к нумерации разрядов на боксах.

Из этих соображений был выбран 2-рядный /обеспечивает хороший доступ/ 37-контактный плоский разъем. Контакты разъема позолочены. Это необходимо, так как АПД часто работает в сырых, плохо отапливаемых помещениях. В АПД, как и в аппаратуре всего комплекса, используются субминиатюрные разъемы ИТТ Саллоп типа D*М /24/. Кабельные части разъемов заключены в кожухи с надежным креплением кабеля. Разъемные соединения имеют скользящие замки с фиксацией. Хотя многие требования очевидны, их не всегда легко выполнить.

Активные выходы на передних панелях модулей и боксов имеют гнездовые, а входы - штыревые части разъемов. Кабели также заканчиваются разнотипными частями разъемов. Это уменьшает вероятность неправильного соединения, случайных замыканий и, кроме того, дает возможность наращивать кабели /25/. Выводы на разъемы, соединительные кабели выполнены скрученными парами. Кабели экранированы.

3.2. Проверка исправности АПД

Проверка может быть автономной /с помощью специально разработанного модуля КЛС-805 /6/ и программной /с помощью ЕС-1040/.

Автономная проверка. Исправность АПД, кабелей соединительных линий и линий связи может быть проверена автономно с помощью комплекта из трех модулей КЛС-805. Один из них установлен постоянно в коммутационном крейте /см. раздел 1.6 и рис.2а/, другой располагается на стороне ЭВМ, а третий - на стороне абонента. Такая проверка дает возможность оперативно выявить и устранить неисправности, а также обеспечивает определенную гарантию совместной работы в общем комплексе аппаратуры.

Программная проверка. Окончательная проверка исправности АПД производится в комплексе с оконечной аппаратурой на линии с ЕС-1040. На стороне абонента устанавливаются модули КАМАК типа входных-выходных и тумблерных регистров. Из ЭВМ с помощью текстовой программы "Запись"- "Чтение" в регистр /несколько слов/ записываются различные числа, а затем считываются. Далее производится их поразрядное сравнение по модулю 2. При несовпадении, в случае постоянной ошибки, выявляется направление, в котором она возникает. Для этого производят только "Запись" и визуальный контроль на стороне абонента или "Чтение" состояния тумблерного регистра с визуальным контролем на ЭВМ.

Индикация состояния группы шин А в коммутационном крейте с помощью КЛС-805 позволяет проследить прохождение сигналов от ПРД-Э до входов ПРД-Р, а группы В - от ПРД-А до входов ПРД-С. Тем самым уточняется неисправное направление /передача или прием/.

Имеется дополнительная возможность проверки АПД, соединительных и линейных кабелей - образованием в разных местах шлейфов /28/. Эти места на рис.3 обозначены арабскими цифрами. С помощью программы проверяется правильность прохождения информационных и управляющих разрядов и выявляются неисправные участки. Здесь также производится поразрядное сравнение по модулю 2.

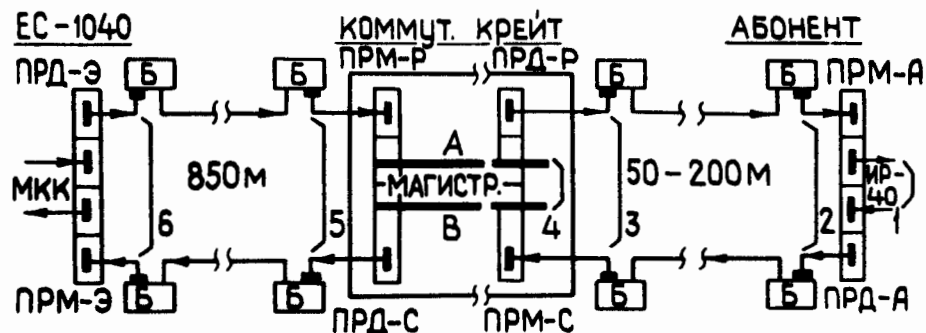


Рис.3. Схема контроля исправности АПД.

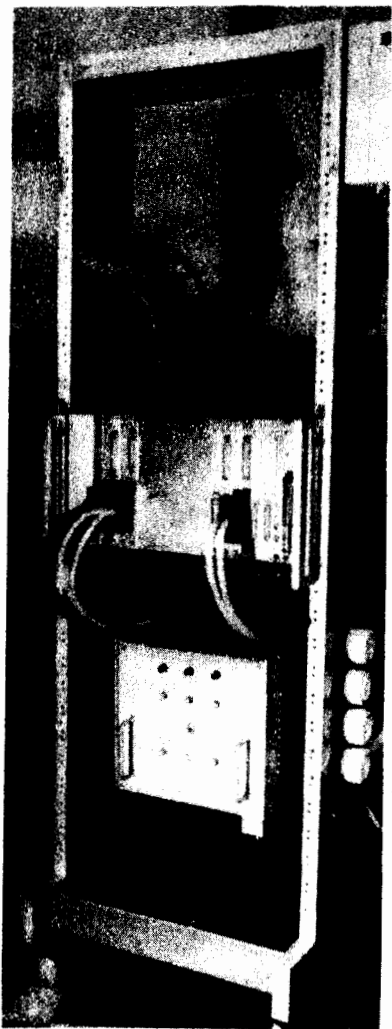


Рис.4. Стойка с коммутационным крейтом.

Участок АПД до выходов ПРМ-Р и входов ПРД-Р на магистраль /4/ проверяется соединением между собой соответствующих шин групп А и В. Для этого печатный разъем с соединенными противоположными шинами вставляется в разъем КАМАК на передней панели ячейки ВМР /внешний магистральный разъем, рис.1/.

Недостатком такой проверки является меньшая по сравнению с нормальной скоростью работы, вызванная тем, что сигнал проходит этот путь туда и обратно, а очередной тип управляющих или информационных сигналов посылается только после возврата и проверки предыдущего. Таким образом можно проверить целостность всех разрядов, но нельзя проверить правильность временных соотношений.

3.3. Устранение неисправностей во время работы

Создан 100-процентный запас модулей каждого типа АПД, соединительных кабелей, устройств "громкой связи", а также имеются запасные кабели линии ЭВМ - измерительный центр. При выявлении неисправных элементов производится их замена. Ремонт осуществляется после восстановления рабочего режима.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 1979-81 г.г. была создана цифровая система для обмена данными между физическими установками и ЕС-1040. Формат данных 1 байт. Система дуплексная. Обеспечивается совместная работа до 8 абонентов в режиме разделения времени или приоритетного обмена. При больших расстояниях осуществляется промежуточная регенерация сигналов. Рабочая скорость обмена 1,25 Мбайт/с. Коэффициент ошибок не хуже $10^{-8/26,27}$. Система имеет набор программ и модулей для контроля и отыскания неисправностей.

В Лаборатории высоких энергий ОИЯИ система работает с 1979 года, обеспечивая эксперименты на установках ДИСК-2, СЯО и ЛГУ/1/, в Институте физики высоких энергий - с мая 1981 года, для экспериментов на установке БИС-2/10,11/. На рис.4 показана стойка с коммутационным крейтом.

Автор выражает благодарность В.Н.Садовникову за поддержку работы, Э.Штрайту за написание тестовых программ, радиомонтажникам отдела новых научных разработок ЛВЭ за изготовление аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов Л.Г., Крячко А.П., Садовников В.Н. ОИЯИ, 10-80-224, Дубна, 1980.
2. Якубайтис Э.А. Архитектура вычислительных сетей. "Статистика", М., 1980.
3. Электросвязь, 1968, №1, с.71-76.
4. Penny V.K. CCD Publication 77/30. Imper.College of Science and Technology, London, 1977.
5. Parkman C.F., Lee J.G. CERN 79-11, D.D., Geneva, 1979.
6. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, 10-8372, Дубна, 1974.
7. The Integrated Circuits Catalog for Design Engineers. Texas Instruments Inc., USA, 1972.
8. Базина Н.В. и др. Электронная промышленность, 1980, №1, с.33-35.
9. Справочник по интегральным микросхемам /под ред. Б.В.Тарабрина/. "Энергия", М., 1980.
10. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 10-80-433, Дубна, 1980.
11. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 10-80-434, Дубна, 1980.
12. Садовников В.Н. ОИЯИ, 10-81-396, Дубна, 1981.
13. Садовников В.Н. ОИЯИ, 10-81-397, Дубна, 1981.
14. Ефимов Л.Г. ОИЯИ, 10-80-256, Дубна, 1980.
15. Нгуен Фук и др. ПТЭ, 1976, №3, с.65.
16. Астахов А.Я. и др. ОИЯИ, P10-3592, Дубна, 1968.

17. Электрические кабели, провода и шнуры. Справочник /под ред. Н.И.Белоруссова/. "Энергия", М., 1979.
18. Кашутин А.А., Цым А.Ю. Электросвязь, 1970, №8, с.16-21.
19. Brubaker D. Electronic Engineering, Febr. 1974, pp.46-57.
20. Interface Integrated Circuits. Catalog National Semicon. Corp., 1975.
21. Electronic Engineers Master Catalog, vol.2, United Techni-
cal Publ.Inc., USA, 1975.
22. Брандт Р. и др. Передача сообщений /пер. с нем./. "Связь",
М., 1971, т.1.
23. Брискер А.С. и др. Городские телефонные кабели. Справочник.
"Связь", М., 1979.
24. D-Subminiatur-Steckverbinder Katalog. Cannon Electric
GmbH, Beutelsbach, 1973.
25. Дэвис Д., Барбер Д. Сети связи для вычислительных машин
/пер. с англ./. "Мир", М., 1976.
26. Крячко А.П., Као Дак Хьен. ОИЯИ, 13-80-511, Дубна, 1980.
27. Крячко А.П., Као Дак Хьен. ОИЯИ, 13-80-489, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 октября 1981 года.